

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-333802  
(43)Date of publication of application : 02.12.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G02B 3/00  
G03B 27/32

(21)Application number : 05-148536  
(22)Date of filing : 27.05.1993

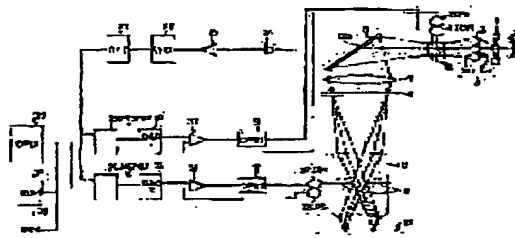
(71)Applicant : CANON INC  
(72)Inventor : SATO TERUYA  
NOGUCHI MIYOKO

### (54) EXPOSURE DEVICE AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR ELEMENT USING THE SAME

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an exposure device which has high resolution while reducing lowering of through-put by changing at least one of a numerical aperture of an illumination system and a numerical aperture of a projection lens during exposure and by controlling a resist cross section profile properly.

**CONSTITUTION:** A light emitting part of a light source 1 is arranged in an area near a first focus of an elliptic mirror 2 and a secondary light source is formed in a projection surface by a fly's eye lens 3. An aperture diameter of a diaphragm 5 of an illumination system and an aperture diameter of a pupil diaphragm 9 of a projection system are made changeable. When illumination is started on a surface of a reticle 7, a part of an amount of exposure cast on a surface of the reticle 7 passes through a half mirror surface 6a and integrating counting is performed by a photosensor 24, a current voltage converter 25, a VF converter 26 and an integrating counter 27. An integrating calculation value is input to memories 28, 32 and output to DA converters 29, 33. A servo amplifier 30 drives a DC motor 20 by using a diaphragm driver 31 of an illumination system and a servo amplifier 34 drives a DC motor 22 by using a pupil driver 35 of a projection lens 8.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.12.1997  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number] 2993320

[Date of registration]

22.10.1999

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-333802

(43) 公開日 平成 5 年 (1994) 12 月 2 日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/027

G 0 2 B 3/00

G 0 3 B 27/82

識別記号

序内整理番号

F I

技術表示箇所

A 8106-2K

F 8102-2K

7352-4M

7352-4M

H 0 1 L 21/30

3 1 1 L

3 1 1 S

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平5-148536

(22) 出願日

平成 5 年 (1993) 5 月 27 日

(71) 出願人

000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号

(72) 発明者

佐藤 光弥

神奈川県川崎市中原区今井上町 53 番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者

野口 美代子

神奈川県川崎市中原区今井上町 53 番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

(74) 代理人

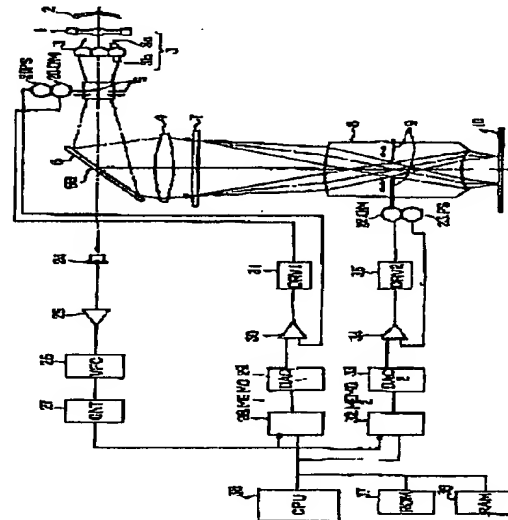
弁理士 高栗 幸雄

(54) 【発明の名称】 露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 ウエハ面上のレジストにパターンを高解像度で転写露光することのできる露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を得ること。

【構成】 照明系からの光束で被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影レンズにより基板面上に投影露光する際、露光中に該照明系の開口数と該投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を変化させていること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明系からの光束で被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影レンズにより基板面上に投影露光する際、露光中に該照明系の開口数と該投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を変化させていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの積算露光量が予め設定した値となるように制御していることを特徴とする請求項1の露光装置。

【請求項3】 前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの時間により、予め設定した値になるように制御していることを特徴とする請求項1の露光装置。

【請求項4】 露光中に前記基板面を前記投影レンズの光軸方向に変化させていることを特徴とする請求項1、2、又は3の露光装置。

【請求項5】 照明系からの光束でレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影レンズによりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、露光中に該照明系の開口数と該投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を変化させていることを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項6】 前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの積算露光量が予め設定した値となるように制御していることを特徴とする請求項5の半導体素子の製造方法。

【請求項7】 前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの時間により、予め設定した値になるように制御していることを特徴とする請求項5の半導体素子の製造方法。

【請求項8】 露光中に前記基板面を前記投影レンズの光軸方向に変化させていることを特徴とする請求項5、6、又は7の半導体素子の製造方法。

【請求項9】 照明系からの光束で被照射面上のパターンを照明し、該パターンを基板面上に転写露光する際、露光中に該照明系の開口数を変化させていることを特徴とする露光装置。

【請求項10】 照明系からの光束でレチクル面上のパターンを照明し、該パターンをウエハ面上に転写露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、露光中に該照明系の開口数を変化させていることを特徴とする半導体素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法に関し、特にIC、LSI等の

半導体素子を製造する際にレチクル面上の電子回路パターンを投影光学系（投影レンズ）によりウエハ面上に投影するとき、該ウエハ面上に常に適正な露光量を与え高精度な投影パターン像が得られるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来よりIC、LSI等の半導体素子製造用に高解像力、高スループット化が比較的容易な投影露光装置（アライナー）が多く用いられている。この投影露光装置では1回の露光によりウエハ面全体にパターン像を形成する一括露光方式に比べ、1回の露光が終了する毎にウエハを移動しながら他の領域を露光し、このような露光を順次複数回繰り返すことにより、ウエハ面全体にパターン像を形成していくステップアンドリピート露光方式が多く用いられている。

【0003】 このとき投影光学系はレチクル面上の電子回路パターンをウエハ面上に所定の投影倍率、例えば1/5又は1/10で縮小投影している。この場合、ウエハ面上に転写されるパターンの像質は照明装置の性能、例えば被照射面上の照射光の量（露光量）やその変動等に大きく影響される。

【0004】 従来の投影露光装置は、露光中ウエハ面上のレジストへの入射光の強度分布が一定であった。その為、投影露光装置としてはレジストの断面プロファイルを制御することができなかった。又、解像パターン像の性能にしても露光中、一定であった。

【0005】 次に図6から図8を用いて、このことを具体的に説明する。

【0006】 図6は従来の投影露光装置の光学系の一部の概略図である。図6において、レチクル7上の1点O'から出た光のうち投影レンズ8を通過してウエハ10まで届くのは、レチクル7上の1点O'を頂点とする円すいに含まれる光である。この円すいの頂角の半分の角度を $\theta_R$ とすると、投影レンズ8のレチクル7側の開口数( $NA_R$ )は $NA_R = \sin \theta_R$ で表わされる。

【0007】 投影レンズ8からウエハ10上の1点Oに届く光も点Oを頂点とする、ある円すいに含まれる。この円すいの頂角の半分の角度を $\theta_W$ とすると、投影レンズ8のウエハ10側の開口数( $NA_W$ )は、 $NA_W = \sin \theta_W$ で表わされる。レチクル7側の上方にはコンデンサーレンズ4を含む照明系があり、レチクル7を照明している。

【0008】 ここで照明系からの光のうちレチクル7上の1点O'に入射する光は、ある円すいに含まれ、この円すいの頂角の半分の角度を $\theta_I$ とすると、照明系の開口数( $NA_I$ )は、 $NA_I = \sin \theta_I$ で表わされる。照明系の開口数( $NA_I$ )とレチクル側の開口数( $NA_R$ )との比をコヒーレンス・ファクタ( $\sigma$ )と呼び、次のように表わされる。

【0009】  $\sigma = NA_I / NA_R$

ここでコヒーレンス・ファクタ $\sigma$ が無限度( $\infty$ )のときをインコヒーレント照明と呼び、又コヒーレンス・ファクタ $\sigma$ が0のときをコヒーレント照明と呼んでいる。投影露光装置では一般的に、 $0 < \sigma < 1$ のような値が使われている。コヒーレンス・ファクタ $\sigma$ を小さくするとコントラストは高くなり、露光現像後のレジスト断面形状は浅れ焦点深度は深くなるが、半面ウエハ上の照度が小さくなり投影露光装置としてのスループットは低下してしまう。

【0010】又、投影レンズ8の解像力Rは下記のように表わされる。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA_w$$

ここで $\lambda$ は露光波長、 $k_1$ は上記照明系のコヒーレンス・ファクタ $\sigma$ や、レジストの種類、レジスト・プロセス等により変化する係数であるが、単回レジストの場合には、一般的に $k_1 = 0.8$ 位の値となる。

【0012】又、投影レンズ8の焦点深度Dは、下記のように表わされる。

$$D = k_2 \cdot \lambda / (NA_w)^2$$

ここで $k_2$ は $k_1$ 同様、上記照明系のコヒーレンス・ファクタ $\sigma$ や、レジストの種類、レジスト・プロセス等により変化する係数である。

【0014】つまり露光波長 $\lambda$ が一定であるときには、解像力Rを小さくするには開口数 $NA_w$ を大きくするか、照明系のコヒーレンス・ファクタ $\sigma$ を小さくする必要がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら開口数 $NA_w$ を大きくすると焦点深度Dは $1 / (NA_w)^2$ に比例して小さくなっていく。又、照明系のコヒーレンス・ファクタ $\sigma$ を小さくすると、先に述べたようにウエハ10上の照度が小さくなり、投影露光装置としてのスループットが低下してくる。

【0016】従来の投影露光装置はこの問題に対して、コヒーレンス・ファクタ $\sigma$ をある程度の大きさに固定してウエハ10上の照度を確保し、また解像力Rを小さくする為に開口数 $NA_w$ を大きくしている。そしてこのことによって小さくなった焦点深度Dを保証する為に、オートフォーカス機構やウエハのチルト機構等を採用してきている。

【0017】次に、露光現象の概略を図7、図8を用いて以下に説明する。図7(A)～(C)、図8(A)～(C)はそれぞれ開口数 $NA_w$ の大、小によるレジストWR上の光の集光状態、強度分布I、及びレジストWRの厚さ方向の架橋反応の進み方の様子を示している。

【0018】従来の投影露光装置では、露光中この開口数 $NA_w$ が固定されていた。その為レジストWR上の光強度分布Iが一定であった為、レジストWRの厚さ方向の架橋反応の進み方も固定的なものであった。その為、現像結果のレジスト断面プロファイルも固定的なものと

なり、高い解像力を得るのが困難であった。

【0019】本発明は照明系の開口数又は投影レンズの開口数のうち少なくとも一方を露光中に変化させて、レジスト断面プロファイルを適切に制御することにより、スループットの低下を小さくしつつ高い解像力が容易に得られる露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法の提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の露光装置は、

10 (1-1) 照明系からの光束で被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影レンズにより基板面上に投影露光する際、露光中に該照明系の開口数と該投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を変化させていることを特徴としている。

【0021】特に、前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの積算露光量が予め設定した値となるように制御していることや、前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの時間により、予め設定した値になるように制御していること、そして露光中に前記基板面を前記投影レンズの光軸方向に変化させていること等を特徴としている。

【0022】(1-2) 照明系からの光束で被照射面上のパターンを照明し、該パターンを基板面上に転写露光する際、露光中に該照明系の開口数を変化させていることを特徴としている。

【0023】又、本発明の半導体素子の製造方法は、(1-3) 照明系からの光束でレジクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影レンズによりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、露光中に該照明系の開口数と該投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を変化させていることを特徴としている。

【0024】特に、前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの積算露光量が予め設定した値となるように制御していることや、前記照明系の開口数又は前記投影レンズの開口数のうち少なくとも一方の開口数を露光開始後からの時間により、予め設定した値になるように制御していることそして露光中に前記基板面を前記投影レンズの光軸方向に変化させていること等を特徴としている。

【0025】(1-4) 照明系からの光束でレジクル面上のパターンを照明し、該パターンをウエハ面上に転写露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、露光中に該照明系の開口数を変化させていることを特徴としている。

【0026】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。

【0027】図1において、1は光源であり、例えば超高圧水銀灯より成っている。2は楕円鏡であり光源1からの光を集光している。光源1の発光部は楕円鏡2の第1焦点近傍に配置している。3はフライアイ・レンズ（オプティカル・インテグレータ）であり、複数の微小レンズを2次元的に配列した構成より成り、楕円鏡2で集光された光よりその射出面に2次光源を形成している。

【0028】5は開口径可変の絞りであり、例えば図3に示すような構成より成っている。絞り5の開口径をDCモータ20により可変としている。これにより2次光源3bの大きさを設定して、このときの大きさを可変にすることにより照明系の開口数（ $NA_L$ ）を変えている。6はミラーであり、その中心の極めて小領域がハーフミラー6aになっている。4はコンデンサレンズであり、2次光源3bからの光束を集光しレチクル7面上を照明している。前述の各要素1、2、3、4、5、6は照明系の一要素を構成している。

【0029】8は投影レンズであり、照明系で照明されたレチクル7面上のパターンをウエハ10面上に縮小投影している。9は開口径可変の瞳絞りであり、例えば図3に示すような構成より成っている。瞳絞り9の開口径をDCモータ22により可変としている。このときの瞳絞り9の大きさにより、投影レンズ8の開口数（ $NA_W$ ）を種々変えている。

【0030】21はポテンシオメータであり照明系の絞り5の絞り位置を検出している。23はポテンシオメータであり投影レンズ8の瞳絞り9の絞り位置を検出している。24はホトセンサーでありレチクル7面に照射される光量を検出すると共にシャッター（図示せず）の積算露光量制御にも併用している。

【0031】25は電流電圧変換器でありホトセンサー24からの光電流を電圧に変換している。26はV/Dコンバータであり電流電圧変換器25からの出力を取り込んで周波数に変換している。

【0032】27は積算カウンタでありV/Dコンバータ26からの出力パルスを積算している。28はメモリーであり積算カウンタ27からの積算値を入力して、照明系の絞り5の絞り目標位置のデジタル量を出力している。

【0033】29はA/Dコンバータでありメモリ28からのデジタル量の目標位置をアナログ量に変換している。30はサーボアンプであり照明系の絞り5の絞り位置を目標位置に合わせるように作動している。31はドライバーであり照明系の絞り5を駆動制御している。

【0034】32はメモリーであり積算カウンタ27からの積算値を入力して、投影レンズ8の瞳絞り9の絞り目標位置のデジタル量を出力している。

【0035】33はA/Dコンバータでありメモリ32からのデジタル量の目標位置をアナログ量に変換してい

る。34はサーボアンプであり投影レンズ8の瞳絞り9の絞り目標位置に合わせるように作動している。

【0036】35はドライバーであり投影レンズ8の瞳絞り9を駆動制御している。36はマイクロプロセッサであり、メモリ28とメモリ32にデータを記憶させている。

【0037】尚、メモリ28、32には図2に示すような照明系の $NA_L$ （投影レンズの $NA_W$ ）と積算露光量との関係を示すデータが動作前にマイクロプロセッサ36より書き込んでいる。

【0038】本発明の投影露光装置ではシャッター（図示せず）が開放状態になると、レチクル7面上に照明系からの光で照明が開始される。そしてレチクル7面上のパターンを投影レンズ8によりウエハ10面上に投影露光している。このときレチクル7面上に照射される露光量の一部はハーフミラー面6aを通過し、ホトセンサー24により光電流として検出され、更に電流電圧変換器25により電圧信号に変換される。

【0039】この電圧信号はV/Dコンバータ26により電圧信号に比例した周波数信号に変換され、更に積算カウンタ27により積算計数が行われ、その積算計数値はメモリ28、32に入力している。メモリ28は予め設定された積算計数値に対応する照明系の絞り5の絞り目標位置をデジタル信号に変換してD/Aコンバータ29に出力している。メモリ32は予め設定された積算計数値に対応する投影レンズ8の瞳絞り9の絞り目標位置をデジタル信号に変換して、D/Aコンバータ33に出力している。

【0040】D/Aコンバータ29は照明系の絞り目標位置のアナログ信号を次段のサーボアンプ30に出力する。サーボアンプ30は照明系の絞り目標位置と実際の照明系の絞り位置とが一致するようにドライバー31を用いてDCモータ20を駆動する。

【0041】D/Aコンバータ33は投影レンズ8の瞳絞り目標位置のアナログ信号を次段のサーボアンプ34に出力する。サーボアンプ34は投影レンズ8の瞳絞り目標位置と実際の投影レンズの瞳絞り位置とが一致するようにドライバー35を用いてDCモータ22を駆動する。

【0042】以上の動作がシャッターが開放状態になってから、所定積算露光量の露光動作が完了するまで続行されることになる。これによりレチクル7面上のパターンをウエハ10面上に投影露光している。

【0043】このように本実施例では、照明系の絞り5の絞り開口径を変化させて照明系の開口数 $NA_L$ を変化させ、又は投影レンズ8の瞳絞り9の開口径を変化させて投影レンズ8の開口数 $NA_W$ を変化させることによりレジスト断面プロファイルを制御し、高解像度のパターン像を得ている。

【0044】図4は本発明の実施例2の要部概略図であ

る。図中、図1で示した要素と同一要素には同符号を付している。

【0045】本実施例では露光中に投影レンズ8のNA値、又は照明系のNA値を変化させるだけでなく、投影レンズ8のフォーカス位置にあるウエハ10の位置をフォーカス方向に変化させている。そして投影レンズ8のフォーカス位置にあるウエハ10の位置をフォーカス方向に微小に変化させることによりフォーカス方向により均一な露光が行なわれることになるが、この動作と同時に投影レンズ8のNA値、又は照明系のNA値を変化させることにより、よりウエハ10面に塗布したレジストの断面プロファイルの制御精度の向上を達成している点が実施例1と異なっており、その他の構成は実施例1と略同様である。

【0046】次に本実施例の構成の特徴について説明する。図4において、12はウエハチャックであり、ウエハ10を保持している。40はパルスモータであり、ウエハチャック12を上下駆動している。42はドライバであり、パルスモータ40を駆動している。41はパルスモータコントローラであり、ドライバ42を制御している。39はスリーステイトバッファであり、積算カウンタ27の現在値をマイクロプロセッサ36に読み込んでいる。

【0047】本実施例では、露光中マイクロプロセッサ36が積算カウンタ27のデータを一定時間毎に読み出すことにより積算露光量をモニターし、この積算露光量から予め設定された位置にパルスモータコントローラ41を用いてウエハチャック12を上下方向に駆動している。

【0048】図5は本発明の実施例3の要部概略図である。図中、図1で示した要素と同一要素には同符号を付している。

【0049】本実施例では、露光中に投影レンズ8のNA値、又は照明系のNA値を露光開始後からの積算露光量により設定するのではなく、単に時間により設定している点が実施例1と異なっており、その他の構成は実施例1と略同様である。

【0050】本実施例では、シャッター（図示せず）が開放状態になると一定時間毎にタイマー50よりマイクロプロセッサ36に割り込み処理要求が発生し、このときマイクロプロセッサ36は予め設定されたデータをDAコンバータ29、33出力することにより、投影レンズ8のNA値、又は照明系のNA値を制御している。

【0051】尚、本発明は投影レンズを有する投影露光装置に限定されるものではなく、投影レンズを用いないコンタクトアライナー等、他の半導体素子製造用の露光

装置にも容易に適用可能である。このときは照明系の開口数を露光中に変化させることになる。又、本発明で述べている照明系の絞りや投影レンズの瞳絞りは連続的にその開口部を変化可能なものに限定するものではなく、例えば幾つかの固定絞りの切換えであつてもよい。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、照明系の開口数又は投影レンズの開口数のうち少なくとも一方を露光中に変化させて、レジスト断面プロファイルを適切に制御することにより、スループットの低下を小さくしつつ高い解像力が容易に得られる露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の要部概略図

【図2】 本発明に係る照明系（投影レンズ）の開口数と積算露光量との関係を示す説明図

【図3】 本発明に係る絞りの説明図

【図4】 本発明の実施例2の要部概略図

【図5】 本発明の実施例3の要部概略図

【図6】 従来の投影露光装置の光学系の一部分の説明図

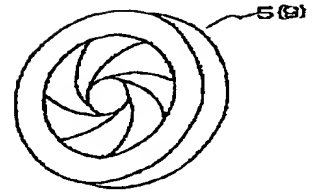
【図7】 従来の投影露光装置における露光現象の説明図

【図8】 従来の投影露光装置における露光現象の説明図

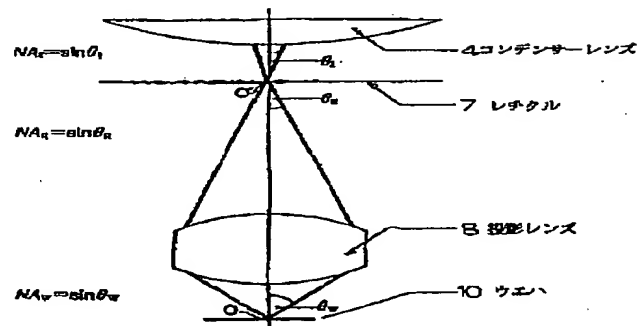
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 絞り絞
- 3 フライアイ・レンズ
- 4 コンデンサレンズ
- 5 照明系の絞り
- 6 ミラー
- 7 レチクル
- 8 投影レンズ
- 9 投影レンズの瞳絞り
- 10 ウエハ
- 24 ホトセンサー
- 25 電流電圧変換器
- 26 V/Fコンバータ
- 27 積算カウンタ
- 28, 32 メモリー
- 29, 33 DAコンバータ
- 30, 34 サーボアンプ
- 31, 35 ドライバ
- 36 マイクロプロセッサ

【图 3】



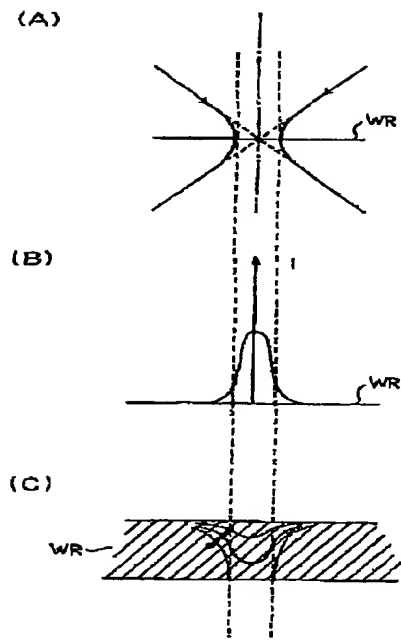
【 附 註 】







【図7】



【図8】

